FOOD and HEALTH

FOOD and HEALTH
E-ISSN 2602-2834

Food Health 9(3), 242-253 (2023) • https://doi.org/10.3153/FH23022 Research Article

Farklı basınç büyüklükleri ve çözücülerin böğürtlen (*Rubus plicatus* L.) ekstraktlarının fonksiyonel özelliklerine ve renk stabilitesine etkisi

Duygu BAŞKAYA SEZER

Cite this article as:
Başkaya Sezer, D. (2023). Farklı basınç büyüklükleri ve çözücülerin böğürtlen (*Rubus plicatus* L.) ekstraktlarının fonksiyonel özelliklerine ve renk stabilitesine etkisi. *Food and Health,* 9(3), 242-253. https://doi.org/10.3153/FH23022

Amasya Üniversitesi, Amasya Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Merkez Amasya, Türkiye

ORCID IDs of the authors:
D.B.S. 0000-0003-2724-1923

Submitted: 14.02.2023
Revision requested: 31.03.2023
Last revision received: 31.03.2023
Accepted: 02.04.2023
Published online: 01.07.2023

Correspondence:
Duygu BAŞKAYA SEZER
E-mail: duygu.baskaya@amasya.edu.tr

© 2023 The Author(s)

Available online at
http://jfhs.scientificwebjournals.com

ÖZ

Fenolikler, oluşturduğu antioksidan kapasite sayesinde başta kanser olmak üzere, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon ve diyabet gibi birçok hastalığa karşı koruyucu etki göstermektedir. Böğürtlen yüksek fenolik madde içeriği sayesinde fonksiyonel gıda olarak anılmaktadır. Bu çalışmada, işlem görmemiş ve hidrostatik basınç uygulanmış (300 MPa veya 600 MPa) böğürtlen püresinden su, etanol, metanol ve bu çözücülerin asetik asit (%1) ya da hidroklorik asit (%1) eklenmiş formları kullanılarak ekstraktlar elde edilmiştir. Ardından 0.gün ve 7.gün fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite ve renk değerleri belirlenmiştir. En yüksek fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite hidroklorik asit eklenmiş alkol ekstraksiyonu ile en düşük değerler ise su ekstraksiyonu ile elde edilmiştir. Hidroklorik asitin asetik asitten daha fazla fenolik madde ekstrakte ettiği ve antioksidan kapasiteyi artırdığı belirlenmiştir. Fenolik madde miktarı yüksek örneklerde L^* değerlerinin daha düşük a^* ve b^* değerlerinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur. İşlem görmemiş örnekler ile karşılaştırıldığında basıncın fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasiteyi artırdığı belirlenmiştir (p<0.05). 600 MPa'nın etkisi asitlendirilmiş çözücü ortamında daha belirgindir. Fenolik madde içerikleri ile antioksidan ve renk değerleri arasında korelasyon tespit edilmiştir. Sonuç olarak, böğürtlen meyvesinin fonksiyonel özelliklerini arttırmak için hidroklorik asit eklenmiş etanol ortamında ekstraksiyon önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Böğürtlen, Fenolik, Antioksidan, Renk, Stabilite, Hidrostatik

ABSTRACT

The influence of different pressure magnitudes and solvents on the functional properties and color stability of blackberry (*Rubus plicatus* L.) extracts

Phenolics have a protective effect against many diseases, such as cancer, cardiovascular diseases, hypertension and diabetes, owing to the antioxidant capacity they form. Blackberries are known as a functional food due to their high phenolic content. In this study, the extracts were obtained from untreated and hydrostatic pressure (300 MPa or 600 MPa) treated blackberry puree using water, ethanol, methanol and acetic acid (1%) or hydrochloric acid (1%) added forms of these solvents. Then the phenolic content, antioxidant capacity and color values were determined on the 0th and 7th days. The highest phenolic content and antioxidant capacity were obtained with alcohol extraction with added hydrochloric acid, and the lowest values were obtained with water extraction. It was determined that hydrochloric acid extracted more phenolic substances than acetic acid and increased the antioxidant capacity. It was found that L^* values were lower, a^* and b^* values were higher in samples with high phenolic content. Compared with the untreated samples, it was determined that the pressure increased the phenolic content and antioxidant capacity (p<0.05). The effect of 600 MPa was found to be more pronounced in the presence of acid-added solvents. A correlation was detected between the phenolic contents, antioxidant capacities, and color values. As a result, extraction in hydrochloric acid-added ethanol medium is recommended to increase the functional properties of blackberry fruit.

Keywords: Blackberry, Phenolic, Antioxidant, Color, Stability, Hydrostatic

Giriş

Meyve ve sebzelerden elde edilen biyoaktif bileşenlere olan ilgi son yıllarda oldukça artmıştır. Bunun nedeni bu bileşenlerin vücutta oluşturduğu fonksiyonel özelliklerdir. Fenolik bileşenler, oluşturduğu antioksidan, antikanserojenik, antimutajenik ve antiinflamatuar etkiler sayesinde başta kanser olmak üzere, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon ve diyabet gibi birçok hastalığa karşı koruyucu etki göstermektedir (Jiang ve Dusting, 2003; Huang ve ark., 2009; Wahle ve ark., 2010; Rodriguez-Mateos ve ark., 2014; Anantharaju ve ark., 2016). Özellikle oksidatif stresin azaltılması, sağlık üzerine koruyucu etki oluşturan fenoliklerin en önemli fonksiyonel özelliklerindendir (Lorzadeh ve ark., 2022).

Böğürtlen meyvesinin, fenolik madde içeriği yüksek olan üzümsü meyveler (ahududu, yaban mersini, kızılcık, frenk üzümü, çilek) arasında en yüksek içeriğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Amakura ve ark., 2000). Oszmiański ve ark. (2015) böğürtlen meyvesinde 15 flavonol, 8 antosiyanin, 6 ellajik asit türevleri, 3 hidroksisinnamik asit ve 2 flavon grubu olmak üzere toplamda 34 fenolik bileşik tespit etmiştir. Bu bileşikler sayesinde böğürtlenin sağlık üzerine koruyucu ve hastalıkların tedavisine yardımcı etkileri rapor edilmiştir (Robinson ve ark., 2020). Bu açılardan bakıldığında fenolik bileşiklerin ve oluşturduğu etkinin artırılmasına yönelik çalışmalar önemlidir.

Fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerleri uygulanan ekstraksiyon yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Fenolik bileşiklerin çözünürlüğü, alkol ve su gibi polar çözücülerde daha yüksektir (Albert ve ark., 2022). Bunlardan su ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda işlem süresi uzar, ayrıca organik asitler, şekerler ve çözünür proteinler gibi bileşenlerin de çözülmesi nedeni ile son üründeki safsızlıklar artar (Osorio-Tobón, 2020). Bu nedenle alkol türevleri ekstraksiyon verimini artırmak ve süreyi azaltmak için kullanılmaktadır. Hatta metanol ve etanol gibi çözücülere organik (asetik asit) ve inorganik (hidroklorik asit) asit eklenmesi ile ekstraktın fenolik madde içeriği ve buna bağlı antioksidan kapasitesinin arttığı belirlenmiştir (Kopjar ve ark., 2014; Akhbari ve ark., 2019). Böğürtlende konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak sıcaklık, süre ve çözücü parametreleri optimize edilerek fenolik madde içeriğinin arttırılması mümkün olmuştur (Oancea ve ark., 2013; Soto ve ark., 2016). Fakat bu geleneksel yöntemlerde çözücü maddenin toksisitesi ve seçilen kimyasalın yetersiz ekstraksiyon gücü, yüksek işlem maliyeti, uzayan ekstraksiyon süresi, düşük uygulama etkinliği ve kütle transfer verimi prosesteki en önemli sorunlardandır (Osorio-Tobón, 2020).

Isıl olmayan işlemler, çevre dostu çözücülerin kullanılması ve biyoaktif bileşenlere zararı en aza indirerek ekstraksiyon verimini artırması aynı zamanda da ısıtma maliyetinin getirdiği yükü ortadan kaldırması ile bu sorunların bazılarına çözüm olabilmektedir. Fakat farklı çözücüler kullanılarak fenolik madde, antioksidan kapasite ve renk değerlerinin depolamaya bağlı değişimine ısıl olmayan bir ön işlemin etkisini inceleyen çalışmalar sınırlıdır.

Yüksek basınç uygulaması solvent geçirgenliğini artırarak ekstraksiyon sırasındaki difüzyonu kolaylaştırmaktadır. Böylece işlem süresi azalırken ekstraksiyon verimi artmaktadır (Corrales ve ark., 2008). Literatürde yüksek basınç desteği ile üzüm kabuğu (Casazza ve ark., 2012), domates salçası (Xi, 2006), yeşil çay (Xi ve ark., 2009), armut (Gómez-Maqueo ve ark., 2020), portakal kabuğu (Guo ve ark., 2012) ürünlerinde biyoaktif madde (flavonoid, antosiyanin, karotenoid, likopen, pektin, polifenoller vb.) miktarının artırıldığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, gıdanın fonksiyonel özelliklerini hidrostatik basınç büyüklüğüne ve çözücü tipine bağlı olarak açıklamaktır. Bu sayede basınç uygulaması sonrası materyalin farklı çözücü koşullarındaki davranışı da belirlenmiştir. Bunun için işlem görmemiş ve hidrostatik basınç uygulanmış böğürtlen meyvesinden su, etanol, metanol ve bu çözücülerin asetik asit ya da hidroklorik asit kullanılarak hazırlanan karışımları kullanılarak elde edilen ekstraktların 0.gün ve 7.gün fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite ve renk değerleri (L^*, a^*, b^*, ΔE^*) karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Örnek Hazırlama ve Ön İşlemler

Analizler öncesi yerel marketten satın alınan ve -18°C'de depolanan böğürtlenlerden, parçalayıcı (MQ 745, Braun, Almanya) yardımıyla 20 saniyede yüksek devir kullanılarak püre elde edildi. Bu örnek kontrol olarak kodlandı. Yüksek basınç uygulanan grup için ise örneklere 25°C'de iki ayrı basınç (300 MPa ve 600 MPa) 15 dakika boyunca uygulandı. Bu işlem için hidrostatik basınç ekipmanı (Avure Technologies, Ohio, ABD) kullanıldı.

Ekstraksiyon çözücüsünün hazırlanması için distile su, etanol ve metanol ile bu sıvıların hidroklorik asit (%1 v/v) ve asetik asit (%1 v/v) (Merck, Darmstadt, Almanya) ile karıştırılmış ve (1) su, (2) su+asetik asit, (3) su+hidroklorik asit, (4) etanol, (5) etanol+asetik asit, (6) etanol+hidroklorik asit, (7) metanol, (8) metanol+asetik asit, (9) metanol+hidroklorik asit

olmak üzere toplamda 9 farklı çözücü hazırlanmıştır. Asit miktarı seçiminde Jiang ve ark. (2004)'nın önerdiği gibi renk pigmentlerine en az zarar verecek oran seçilmiştir.

Ekstraksiyon

Ön işlemler sonucunda elde edilen böğürtlen püresinden 3 g (gram) alınarak 30 mL çözücü ile (1:10 w/v) 50 mL'lik santrifüj tüplerinde vorteks kullanılarak karıştırıldı. Vortekslenen karışım 25°C'de karanlık ortamda 60 dakika ekstraksiyona bırakıldı. Ekstraksiyon süresi bittikten sonra tüpler 2490 *x g* gücünde (4500 rpm) 20 dakika santrifüj (Thermomac, TMC815, Almanya) edildi. Sıvı faz başka bir santrifüj tüpüne alınarak 60 dakika içinde toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve renk ölçümleri yapıldı (0.gün). Depolama stabilitesi için örnekler (15 mL) santrifüj tüplerinde +4°C sıcaklıkta ve karanlık ortamda 7 gün bekletildikten sonra aynı ölçümler tekrarlandı (7.gün).

Ölçüm ve analizler

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde Folin Ciocalteu yöntemi kullanıldı (Slinkard ve Singleton, 1977). Analizde 0.1 mL ekstrakt kullanıldı ve sonuçlar 760 nm dalga boyunda ölçülerek 1 g örnek (taze böğürtlen) için mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak sunuldu. Ölçümlerde kör örnekler 9 farklı çözücü ile hazırlanarak çözücü etkileri hesaplama dışında bırakıldı.

Antioksidan Kapasite

Antioksidan kapasite Brand-Williams ve ark. (1995)'nın sunduğu yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Analizde 0.1 mL ekstrakt kullanıldı ve DPPH radikal süpürme değerleri 515 nm dalga boyunda ölçülerek 100 g örnek (püre) için mmol trolox eşdeğeri (TE) olarak sunuldu.

Renk

Böğürtlen püresinin renk değerleri Buslig (1992) tarafından açıklanan yönteme göre Hunter Lab Color Flex kolorimetresinde (Hunter Associates Laboratory, Reston, VA, ABD) açıklık (parlaklık) (*L*), kırmızılık/yeşillik (*a*), sarılık/mavilik (*b*) ve renk farklılığı (*ΔE**) değeri ile tespit edildi. Cihaz, standart karolar (siyah ve beyaz) ile kalibre edildi. *ΔE** hesaplamasında örneklerin beyaz karonun (L_o = 93.73, a_o = -1.04 ve b_o = -0.44) renk değerleri referans olarak alındı.

İstatistiksel analiz

Deneysel verilerin tanımlayıcı istatistikleri, SPSS paket programı (versiyon 23, 2018, IBM Corp., New York, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar için ortalama alınarak hesaplanan değer "ortalama ± standart sapma" ve istatistiksel harflendirme ile sunulmuştur. Çözücüler arasındaki karşılaştırma ve harflendirme için ANOVA ile Tukey's HSD kullanılmıştır. Ekstraksiyon ve depolama sonrası sonuçların karşılaştırılmasında eşleştirilmiş örnekler t testi (Paired-samples t-test), kontrol ve yüksek basınç uygulanan örnek gruplarının karşılaştırılmasında bağımsız örnekler t testi (Independent-samples t test) ve değerler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için iki değişkenli (bivariate) korelasyon testi kullanılmıştır. Analizler %95 güven aralığında (p=0.05) gerçekleştirilmiş ve gruplar arası farklılıklar p<0.05 için ifade edilmiştir. Tüm ölçümler üç paralelli olarak yürütülmüştür. Çalışmanın bağımsız değişkenleri; çözücü tipi (etanol, metanol, su ile bunların asetik asit veya hidroklorik asit ile asitlendirilmiş formları), ön işlem (kontrol, 300 MPa veya 600 MPa) iken bağımlı değişkenleri; toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve renk (*L*, a*, b*, ΔE**) değerleri olarak kodlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın bulgularında, işlem görmemiş (kontrol) ve yüksek basınç uygulanmış (300 MPa veya 600 MPa) örneklerden 9 farklı çözücü ile elde edilen ekstraktların 0.gün ve 7.gün fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite ve renk değerleri sunulmuştur.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çözücülere göre örneklerin fenolik madde içeriklerinin farklı olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Buna göre en yüksek fenolik madde içeriğinin hidroklorik asit eklenmiş etanol ve metanol ile ekstrakte edilen örneklerde olduğu belirlenmiştir. En düşük içeriğin ise su ile hazırlanan ekstraktlarda olduğu tespit edilmiştir. Su ile elde edilen fenolik madde miktarı, asit eklemesi ile artırılsa da etanol ve metanol kullanılan denemelere göre daha düşüktür. Bunun nedeni, sulu çözücülerin güçlü polariteye sahip bazı biyoaktif bileşiklerin özütlenmesi için uygun iken etanolün daha geniş polarite aralığına sahip bazı biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonuna da olanak vermesi olabilir. Suyun etanole göre daha düşük ekstraksiyon gücüne sahip olduğu Mello ve ark. (2010)'nın propolis üzerine yaptığı çalışmada da belirtilmiştir. Tablo 1'e göre etanol ve metanol kullanılan işlemlerde asit eklenmesi ile fenolik madde içeriğinin eklenmemiş olan örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Etanol+hidroklorik asit ve metanol+hidroklorik asit en yüksek fenolik içeriğin elde edilmesini sağlamış bunu etanol+asetik asit ve metanol+asetik asit takip etmiştir. Su kullanılan ekstraksiyonlarda ise asit eklemesinin ekstrakttaki fenolik madde içeriğini yükseltse de

önemli farklılık oluşturmadığı ortalama değerlere göre belirlenmiştir (p>0.05). Benzer sonuçlara Kopjar ve ark. (2014) çalışmasında da vişne için ulaşılmıştır.

Sonuçlar kullanılan asit türlerine göre karşılaştırıldığında ise hidroklorik asit eklenen çözücülerin bu artışı daha fazla desteklediği ortalama değerler dikkate alındığında görülmüştür. Ekstraksiyon çözücüsüne asit eklenmesi, fenolik maddelerin stabilitesini ve çözünürlüğünü artırarak ekstraksiyonu kolaylaştırır ve bu bileşenlerin yapısının bozulmadan elde edilmesini sağlar. Çünkü hücre duvarına bağlı olan fenolik bileşenler, hücre duvarlarının parçalanması ile ekstrakte edilebilir ve asit eklenmesi bu parçalanmayı kolaylaştırır (Chirinos ve ark., 2007). Hidroklorik asit güçlü bir inorganik asit iken asetik asit nispeten zayıf bir organik asittir. Bu nedenle hidroklorik asit eklenen örneklerin sonuçlarının asetik asit içeren örneklerden daha yüksek bulunması beklenen bir sonuçtur. Diğer taraftan güçlü asitlerin bazı fenolik bileşiklerin hidrolizine ve dolayısıyla ekstrakt içindeki konsantrasyonunun azalmasına neden olabilir (Revilla ve ark., 1998; Wrolstad ve ark., 2001). Fakat bu çalışmada seçilen asit oranının Jiang ve ark. (2004) çalışmasında da belirtildiği gibi ekstraksiyon verimini artırırken fenolik bileşenlere zararı en aza indirdiği bilinmektedir. Akhbari ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada da patlıcan kabuğundan yapılan ekstraksiyonda en yüksek fenolik madde içeriği etanol+hidroklorik asit ile elde edilmiştir. Aynı çalışmada etanolün metanolden asitler arasında ise hidroklorik asidin asetik asitten daha üstün fenolik ekstraksiyonu gücüne sahip olduğu raporlanmıştır. Kopjar ve ark. (2014)'nın vişne üzerine yaptığı incelemelerde de fenolik madde ve buna bağlı antioksidan kapasite üzerine hidroklorik asit ve etanolün üstünlüğü ortaya konulmuştur. Örneklere uygulanan basınçların etkisi incelendiğinde, basınç uygulaması ile fenolik madde içeriğinin arttığı belirlenmiştir (p<0.05).

600 MPa basınç ile fenolik madde içeriği 300 MPa uygulanan örneklere göre daha yüksek bulunsa da su+asetik asit, etanol+asetik asit, etanol+hidroklorik asit, metanol, metanol+hidroklorik asit ile ekstrakte edilen örnekler haricinde sonuçların 300 MPa ile istatistiksel olarak aynı olduğu tespit edilmiştir. Bu ekstraktlarda farklılığın ortaya çıkmasını sağlayan faktör asit eklemesi olabilir. Basınç ile meydana gelen fenolik konsantrasyonundaki artış, basıncın meydana getirdiği mekanik stresin hücre duvarını parçalaması ile hücre içeriğinin dış ortama salınmasının bir sonucudur (Gómez-Maqueo ve ark., 2020). Diğer bir mekanizma ise mekanik stres nedeni ile hücre duvarı bileşenlerinin çapraz bağlanması veya depolimerizasyonu gevşemeye sebep olarak çözülebilir böylece polifenollerin ortamdaki konsantrasyonu artmış olabilir. Hatta 500-600 MPa arasında yüksek basınç uygulamasının hücre duvarına zarar verdiği için fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu kolaylaştırdığı tespit edilmiştir (Navarro-Baez ve ark., 2022). Pinela ve ark. (2018) da ısıtma işlemi olmaksızın 600 MPa'yı fenolik ekstraksiyon veriminin optimum olduğu basınç olarak bulmuştur. Bunun yanı sıra fenolik madde kaybına yol açan polifenol oksidaz aktivitesi, uygulanan basınç büyüklüğü ile azalmaktadır. Bu sayede fenolik konsantrasyonu artmaktadır. Cao ve ark. (2011) de çilek pulpundaki polifenol oksidaz enzim aktivitesinin 600 MPa ile %50'den fazla azaldığını belirlemiştir. Huang ve ark. (2019) da 600 MPa basınç sayesinde toplam fenolik madde miktarını 300 MPa uygulamasına göre %10 daha yüksek bulmuştur. Bunlara ek olarak 0.gün ile 7.gün fenolik madde içeriği arasında korelasyon olduğu tespit edilmiştir (p=0.00; r=0.91) (Tablo 5).

Antioksidan Kapasite

Antioksidan kapasite ile fenolik madde içerikleri ilişkilidir (Cao ve ark., 2011). Bu çalışmada da bu iki değer arasında pozitif yönlü korelasyon saptanmıştır (p=0.00; r=0.94) (Tablo 5). Fenolik madde içeriği gibi antioksidan kapasiteler de çözücülere göre farklılık göstermiştir (Tablo 1). Yine fenolik içerikler sonuçlarına benzer şekilde, basınç uygulanan örneklerin antioksidan kapasiteleri hem ekstraksiyon sonrası (0.gün) hem de depolama sonrasında (7.gün) farklı bulunmuştur (p<0.05). Tablo 1 ve Tablo 2 verileri karşılaştırıldığında da antioksidan kapasitelerin azaldığı ama 0.gün ile 7.gün sonuçları arasındaki korelasyonu kaybetmediği tespit edilmiştir (p=0.00; r=0.86) (Tablo 5). Basınç büyüklüklerinin antioksidan kapasiteye etkisi önemsiz bulunmuştur (p>0.05).

Renk

Renk, fenolik bileşenler ve antioksidan kapasite sonuçlarını destekleyecek kantitatif bir ölçümüdür. Bunlardan L^* değeri renkteki açıklık ve koyuluğu gösteren bir parametre olduğu için ekstrakte edilen örneklerde yüksek L^* değerinin bulunması rengi meydana getiren bileşenlerin daha düşük konsantrasyonda olduğu yönünde bir fikir verebilir. Çünkü böğürtlendeki antosiyaninler meyvenin renginden sorumlu olan ve renklendirici olarak da kullanılan pigmentlerdir. Bu pigmentler pembe, mavi, mor ve kırmızı renklerde olduğu için a^* ve b^* değerini artırırken L^* değerini düşürmektedir (Haminiuk ve ark., 2012).

Tablo 1. Ekstraksiyon sonrası toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri

Table 1. Total phenolic substance and antioxidant capacity values after extraction

Çözücü grupları	Örnekler	TFM (mg GAE g^{-1})	$\bar{X}_{TFM}$	AK (mmol TE 100 g^{-1})	$\bar{X}_{AK}$
Su	Kontrol	243.80±2.48^{t*}	308.09^{D*}	314.26±3.53^{t}	376.67^{D}
	300 MPa	340.74±1.24^{p}		408.53±1.78^{p}	
	600 MPa	339.73±5.52^{p}		407.20±4.93^{p}	
Su+asetik asit	Kontrol	294.34±2.77^{s}	358.82^{D}	363.46±0.74^{s}	427.17^{D}
	300 MPa	386.38±2.13^{n}		453.84±1.79^{n}	
	600 MPa	395.75±2.08^{m}		464.21±0.48^{m}	
Su+hidroklorik asit	Kontrol	328.49±2.10^{r}	377.83^{D}	397.31±1.03^{r}	445.20^{D}
	300 MPa	399.11±1.56^{km}		465.91±2.01^{km}	
	600 MPa	405.92±3.05^{k}		472.39±2.32^{k}	
Etanol	Kontrol	505.93±2.63^{h}	564.81^{C}	573.62±3.59^{h}	632.44^{C}
	300 MPa	593.52±1.54^{g}		661.61±3.06^{g}	
	600 MPa	594.97±2.55^{g}		662.11±2.55^{g}	
Etanol+asetik asit	Kontrol	614.68±3.06^{f}	712.87^{B}	681.52±2.73^{f}	780.50^{B}
	300 MPa	753.14±2.68^{e}		821.18±1.17^{e}	
	600 MPa	770.79±2.07^{d}		838.80±0.72^{d}	
Etanol+hidroklorik asit	Kontrol	854.90±1.48^{c}	953.94^{A}	922.39±1.71^{c}	1018.98^{A}
	300 MPa	997.08±2.49^{b}		1065.93±4.18^{b}	
	600 MPa	1009.84±1.94^{a}		1077.84±0.62^{a}	
Metanol	Kontrol	447.23±1.02^{j}	483.40^{C}	515.68±3.18^{j}	552.17^{C}
	300 MPa	497.53±1.16^{i}		566.02±3.41^{i}	
	600 MPa	505.46±2.65^{h}		574.80±2.87^{h}	
Metanol+asetik asit	Kontrol	615.66±1.68^{f}	718.66^{B}	683.77±0.89^{f}	786.30^{B}
	300 MPa	767.44±1.30^{d}		834.23±1.43^{d}	
	600 MPa	772.87±1.42^{d}		840.91±1.13^{d}	
Metanol+hidroklorik asit	Kontrol	856.24±1.45^{c}	954.51^{A}	922.85±2.28^{c}	1022.13^{A}
	300 MPa	997.08±1.43^{b}		1064.65±0.75^{b}	
	600 MPa	1010.20±2.37^{a}		1078.89±1.15^{a}	

TFM: Toplam fenolik madde, AK: Antioksidan kapasite.

$\bar{X}_{TFM}$: Çözücülere göre toplam fenolik madde içeriğinin aritmetik ortalaması; $\bar{X}_{AK}$: Çözücülere göre antioksidan kapasite değerlerinin aritmetik ortalaması.

*Küçük harfler, tüm örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermekte, büyük harfler ise farklı çözücüler kullanılarak elde edilen örneklere ait sonuçlar arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

Tablo 2. Depolama sonrası toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri

Table 2. Total phenolic substance and antioxidant capacity values after storage

Çözücü grupları	Örnekler	TFM (mg GAE g^{-1})	$\bar{X}_{TFM}$	AK (mmol TE 100 g^{-1})	$\bar{X}_{AK}$
Su	Kontrol	$210.58\pm1.66^{t*}$	275.31^{D*}	281.04 ± 4.74^{r}	343.89^{D}
	300 MPa	307.52 ± 3.47^{p}		375.32 ± 4.04^{m}	
	600 MPa	307.84 ± 5.52^{p}		373.02 ± 4.93^{m}	
Su+asetik asit	Kontrol	262.04 ± 1.88^{s}	326.63^{D}	331.17 ± 1.88^{p}	394.98^{D}
	300 MPa	354.38 ± 2.19^{n}		421.84 ± 1.91^{k}	
	600 MPa	363.47 ± 1.97^{m}		433.94 ± 1.15^{j}	
Su+hidroklorik asit	Kontrol	296.63 ± 2.12^{r}	345.96^{D}	365.42 ± 1.05^{n}	413.33^{D}
	300 MPa	368.11 ± 3.08^{km}		434.93 ± 3.46^{j}	
	600 MPa	373.16 ± 2.15^{k}		439.65 ± 1.99^{j}	
Etanol	Kontrol	475.29 ± 2.83^{h}	533.77^{C}	542.98 ± 3.44^{h}	601.41^{C}
	300 MPa	562.25 ± 2.47^{g}		631.34 ± 4.03^{g}	
	600 MPa	563.78 ± 3.56^{g}		630.91 ± 3.56^{g}	
Etanol+asetik asit	Kontrol	582.39 ± 2.57^{f}	681.09^{B}	649.23 ± 2.29^{f}	748.72^{B}
	300 MPa	722.42 ± 0.82^{e}		790.44 ± 1.10^{e}	
	600 MPa	738.49 ± 2.76^{d}		806.52 ± 1.31^{d}	
Etanol+hidroklorik asit	Kontrol	823.42 ± 2.07^{c}	922.36^{A}	890.91 ± 2.13^{c}	987.76^{A}
	300 MPa	964.81 ± 2.02^{b}		1033.66 ± 4.16^{b}	
	600 MPa	978.87 ± 0.57^{a}		1050.88 ± 1.33^{a}	
Metanol	Kontrol	415.93 ± 1.93^{j}	451.67^{C}	484.38 ± 4.19^{i}	520.44^{C}
	300 MPa	465.53 ± 1.33^{i}		534.02 ± 3.53^{h}	
	600 MPa	473.57 ± 2.65^{h}		542.91 ± 2.87^{h}	
Metanol+asetik asit	Kontrol	584.35 ± 2.61^{f}	687.52^{B}	652.47 ± 1.75^{f}	755.16^{B}
	300 MPa	736.21 ± 1.77^{d}		803.03 ± 1.44^{d}	
	600 MPa	741.98 ± 1.21^{d}		810.02 ± 2.49^{d}	
Metanol+hidroklorik asit	Kontrol	825.08 ± 2.62^{c}	922.48^{A}	891.68 ± 3.33^{c}	993.10^{A}
	300 MPa	964.43 ± 0.97^{b}		1032.02 ± 0.68^{b}	
	600 MPa	977.94 ± 1.87^{a}		1046.63 ± 0.99^{a}	

TFM: Toplam fenolik madde, AK: Antioksidan kapasite.

$\bar{X}_{TFM}$: Çözücülere göre toplam fenolik madde içeriğinin aritmetik ortalaması; $\bar{X}_{AK}$: Çözücülere göre antioksidan kapasite değerlerinin aritmetik ortalaması.

*Küçük harfler, tüm örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermekte, büyük harfler ise farklı çözücüler kullanılarak elde edilen örneklere ait sonuçlar arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

Tablo 3. Ekstraksiyon sonrası renk değerleri

Table 3. Color values after extraction

Çözücü grupları	Örnekler	L^*	$\overline{X}_{L^*}$	a^*	$\overline{X}_{a^*}$	b^*	$\overline{X}_{b^*}$	ΔE^*	$\overline{X}_{\Delta E^*}$
Su	Kontrol	$70.90\pm0.40^{de*}$	70.09^{C*}	22.08 ± 0.33^{ghijkm}	22.83^{D}	19.27 ± 0.37^{jkmnp}	19.71^{D}	37.99 ± 0.33^{kmn}	39.17^{E}
	300 MPa	68.93 ± 0.43^{efghi}		23.42 ± 0.91^{efghi}		20.26 ± 0.47^{hijkm}		40.53 ± 0.49^{ijk}	
	600 MPa	70.45 ± 0.46^{defg}		22.98 ± 0.90^{fghijk}		19.60 ± 0.46^{ijkmn}		38.98 ± 0.35^{jkm}	
Su+asetik asit	Kontrol	74.49 ± 0.85^{bc}	73.62^{B}	19.73 ± 0.97^{kmn}	20.42^{E}	18.09 ± 0.31^{mnp}	18.49^{E}	33.83 ± 0.64^{prs}	34.99^{F}
	300 MPa	72.44 ± 0.80^{cd}		21.06 ± 0.59^{hijkmn}		19.02 ± 0.32^{jkmnp}		36.34 ± 0.3^{mnp}	
	600 MPa	73.95 ± 0.75^{bc}		20.56 ± 0.48^{ijkmn}		18.36 ± 0.65^{kmnp}		34.81 ± 0.38^{npr}	
Su+hidroklorik asit	Kontrol	78.41 ± 0.78^{a}	78.09^{A}	18.72 ± 0.09^{n}	19.45^{E}	16.93 ± 0.78^{p}	17.41^{E}	30.46 ± 0.89^{s}	31.60^{G}
	300 MPa	76.89 ± 0.89^{ab}		20.05 ± 0.55^{jkmn}		17.97 ± 0.88^{mnp}		32.91 ± 0.91^{prs}	
	600 MPa	78.98 ± 0.56^{a}		19.58 ± 0.53^{mn}		17.32 ± 0.41^{np}		31.44 ± 0.69^{rs}	
Etanol	Kontrol	55.94 ± 0.22^{pr}	55.11^{F}	30.08 ± 0.33^{a}	30.81^{A}	24.99 ± 0.78^{abc}	25.11^{A}	55.18 ± 0.61^{abc}	56.37^{A}
	300 MPa	53.96 ± 0.48^{r}		31.42 ± 0.98^{a}		25.03 ± 0.78^{a}		57.77 ± 0.77^{a}	
	600 MPa	55.43 ± 0.37^{pr}		30.92 ± 0.92^{a}		25.32 ± 0.46^{ab}		56.15 ± 0.63^{ab}	
Etanol+asetik asit	Kontrol	59.84 ± 1.19^{n}	58.63^{E}	29.73 ± 0.97^{ab}	30.45^{A}	24.94 ± 1.00^{abcd}	25.36^{A}	52.36 ± 1.04^{cd}	53.54^{B}
	300 MPa	56.71 ± 1.25^{np}		31.06 ± 0.57^{a}		25.88 ± 1.02^{a}		54.93 ± 0.84^{abc}	
	600 MPa	59.34 ± 1.13^{n}		30.56 ± 0.49^{a}		25.27 ± 1.03^{ab}		53.34 ± 0.7^{bc}	
Etanol+hidroklorik asit	Kontrol	66.46 ± 0.77^{ijkm}	65.61^{D}	28.74 ± 0.09^{abc}	29.45^{A}	22.69 ± 0.51^{cdefg}	23.15^{B}	46.53 ± 0.54^{efg}	47.71^{C}
	300 MPa	64.41 ± 0.83^{m}		30.05 ± 0.52^{a}		23.73 ± 0.66^{abcde}		49.06 ± 0.37^{de}	
	600 MPa	65.95 ± 0.86^{ijkm}		29.55 ± 0.58^{ab}		23.02 ± 0.82^{bcdef}		47.53 ± 0.18^{ef}	
Metanol	Kontrol	67.85 ± 1.33^{ghijk}	66.66^{D}	25.39 ± 1.16^{def}	26.12^{B}	22.36 ± 0.96^{efgh}	22.77^{BC}	43.45 ± 1.74^{ghi}	44.63^{D}
	300 MPa	65.81 ± 1.29^{km}		26.72 ± 1.66^{bcd}		23.32 ± 0.87^{bcdef}		45.99 ± 2^{efg}	
	600 MPa	66.33 ± 1.31^{ijkm}		26.26 ± 1.79^{cde}		22.63 ± 0.65^{defg}		44.44 ± 1.86^{fgh}	
Metanol+asetik asit	Kontrol	67.96 ± 0.47^{fghijk}	66.43^{D}	24.39 ± 1.16^{defg}	25.16^{BC}	21.38 ± 0.97^{fghij}	21.76^{C}	42.27 ± 1.22^{hij}	43.45^{D}
	300 MPa	65.93 ± 0.40^{jkm}		25.79 ± 1.64^{cdef}		22.23 ± 0.95^{efgh}		44.82 ± 1.51^{fgh}	
	600 MPa	65.41 ± 0.41^{hijkm}		25.31 ± 1.23^{defg}		21.67 ± 0.65^{efghi}		43.25 ± 1.41^{ghi}	
Metanol+hidroklorik asit	Kontrol	70.84 ± 1.05^{def}	70.01^{C}	23.21 ± 0.87^{efghij}	23.95^{CD}	20.19 ± 0.89^{hijkm}	20.61^{D}	39.22 ± 1.52^{jkm}	40.39^{E}
	300 MPa	68.83 ± 1.54^{efghij}		24.55 ± 1.49^{defg}		21.16 ± 0.83^{fghi}		41.75 ± 1.76^{hij}	
	600 MPa	70.35 ± 1.35^{defgh}		24.09 ± 1.25^{defgh}		20.49 ± 0.46^{ghijk}		40.21 ± 1.6^{ijk}	

$\overline{X}_{L^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama L^* değeri; $\overline{X}_{a^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama a^* değeri; $\overline{X}_{b^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama b^* değeri; $\overline{X}_{\Delta E^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama ΔE^* değeri.

*Küçük harfler, tüm örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermekte, büyük harfler ise farklı çözücüler kullanılarak elde edilen örneklere ait sonuçlar arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

Tablo 4. Depolama sonrası renk değerleri

Table 4. Color values after storage

Çözücü grupları	Örnekler	L^*	$\bar{X}_{L^*}$	a^*	$\bar{X}_{a^*}$	b^*	$\bar{X}_{b^*}$	ΔE^*	$\bar{X}_{\Delta E^*}$
Su	Kontrol	61.80±0.47^{def*}	60.87^{C*}	17.02±0.45^{ghij}	17.77^{D}	14.99±0.21^{jkmn}	15.51^{E}	39.81±0.36^{kmn}	41.11^{E}
	300 MPa	59.77±0.49^{fgh}		18.48±0.84^{efgh}		16.16±0.63^{ghijkm}		42.56±0.59^{hijk}	
	600 MPa	61.03±0.81^{efg}		17.81±1.03^{fghi}		15.39±0.83^{ijkmn}		40.95±0.73^{jkm}	
Su+asetik asit	Kontrol	65.33±1.04^{bc}	64.43^{B}	14.58±0.98^{jk}	15.33^{E}	13.78±0.73^{mn}	14.25^{F}	35.43±0.59^{prs}	36.67^{F}
	300 MPa	63.19±0.76^{cde}		15.85±0.15^{hijk}		14.85±0.61^{jkmn}		38.12±0.38^{mnp}	
	600 MPa	64.76±0.74^{bcd}		15.56±0.55^{hijk}		14.11±0.74^{kmn}		36.46±0.29^{npr}	
Su+hidroklorik asit	Kontrol	69.36±0.99^{a}	68.45^{A}	13.54±0.24^{k}	14.29^{E}	12.91±0.65^{n}	13.26^{F}	31.39±0.91^{t}	32.60^{G}
	300 MPa	67.29±0.74^{ab}		14.78±0.96^{ijk}		13.72±1.21^{mn}		33.93±1.38^{rst}	
	600 MPa	68.70±0.75^{a}		14.55±0.58^{jk}		13.14±0.68^{n}		32.49±0.99st	
Etanol	Kontrol	46.83±0.44^{mn}	45.87^{F}	24.93±0.16^{a}	25.61^{A}	20.82±0.55^{abc}	21.28^{A}	57.71±0.55^{abc}	58.95^{A}
	300 MPa	44.61±0.27^{n}		26.15±0.44^{a}		21.87±0.63^{a}		60.42±0.14^{a}	
	600 MPa	46.16±0.62^{mn}		25.74±1.07^{a}		21.14±0.16^{ab}		58.72±1.01^{ab}	
Etanol+asetik asit	Kontrol	50.62±1.49^{k}	49.79^{E}	24.58±0.77^{ab}	25.34^{A}	20.83±1.18^{abc}	21.18^{A}	54.51±1.06^{c}	55.67^{B}
	300 MPa	48.58±0.93^{km}		25.92±0.27^{a}		21.76±0.97^{a}		57.13±0.89^{abc}	
	600 MPa	50.16±1.46^{k}		25.52±0.44^{a}		20.94±0.85^{abc}		55.36±1.02^{bc}	
Etanol+hidroklorik asit	Kontrol	57.32±1.05^{hij}	56.39^{D}	23.43±0.58^{abc}	24.18^{A}	18.58±0.55^{cdefg}	18.93^{B}	47.83±0.89^{def}	49.09^{C}
	300 MPa	55.21±0.65^{j}		24.87±0.83^{a}		19.44±0.67^{abcd}		50.58±0.45^{d}	
	600 MPa	56.64±1.37^{hij}		24.23±1.04^{ab}		18.76±1.15^{bcdef}		48.85±1.05^{de}	
Metanol	Kontrol	58.88±1.30^{fghi}	57.88^{D}	20.28±1.25^{cdef}	21.00^{B}	17.97±0.78^{defgh}	18.55^{BC}	44.85±1.55^{fghi}	46.20^{D}
	300 MPa	56.51±1.59^{ij}		21.65±1.80^{bcd}		19.08±1.39^{bcde}		47.79±2.47^{def}	
	600 MPa	58.26±1.39^{ghij}		21.07±1.47^{cde}		18.59±0.56^{cdefg}		45.95±1.75^{efgh}	
Metanol+asetik asit	Kontrol	58.69±0.22^{fghi}	58.08^{D}	19.35±1.21^{defg}	20.01^{BC}	17.07±0.79^{efghij}	17.57^{CD}	44.19±0.58^{ghij}	45.18^{D}
	300 MPa	57.09±0.47^{hij}		20.49±1.33^{cdef}		18.03±0.78^{defgh}		46.36±0.81^{efg}	
	600 MPa	58.45±0.40^{ghi}		20.18±1.67^{def}		17.62±0.62^{defghi}		44.99±1.11^{fghi}	
Metanol+hidroklorik asit	Kontrol	61.70±1.11^{def}	60.90^{C}	18.11±0.68^{efgh}	18.91^{CD}	16.01±0.78^{hijkm}	16.43^{DE}	40.82±1.32^{jkm}	41.98^{E}
	300 MPa	59.75±1.44^{fgh}		19.59±1.51^{defg}		16.91±0.81^{efghij}		43.39±1.72^{ghij}	
	600 MPa	61.26±1.44^{efg}		19.02±1.38^{defg}		16.38±0.41^{fghijk}		41.73±1.59^{ijk}	

$\bar{X}_{L^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama L^* değeri; $\bar{X}_{a^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama a^* değeri; $\bar{X}_{b^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama b^* değeri; $\bar{X}_{\Delta E^*}$: Çözücü karşılaştırması için örneklerin ortalama ΔE^* değeri.

*Küçük harfler, tüm örnekler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermekte, büyük harfler ise farklı çözücüler kullanılarak elde edilen örneklere ait sonuçlar arasındaki farklılığı ifade etmektedir.

Tablo 5. Korelasyon matrisi

Table 5. Correlation matrix

	Korelasyon katsayıları (r)										
	^{1}L	^{1}a	^{1}b	$^{1}\Delta E^*$	^{7}L	^{7}a	^{7}b	$^{7}\Delta E^*$	^{1}TFM	^{1}AK	^{7}TFM	^{7}AK
^{1}L	1											
^{1}a	-.918**	1										
^{1}b	-.949**	.953**	1									
$^{1}\Delta E^*$	-.986**	.969**	.977**	1								
^{7}L	.834**	-.819**	-.845**	-.815**	1							
^{7}a	-.822**	.881**	.852**	.870**	-.923**	1						
^{7}b	-.846**	.843**	.894**	.873**	-.943**	.948**	1					
$^{7}\Delta E^*$	-.872**	.858**	.871**	868**	-.872**	.951**	.946**	1				
^{1}TFM	-.288**	.441**	.359**	.386**	-.301**	.501**	.402**	.403**	1			
^{1}AK	-.310**	.428**	.372**	.429**	-.323**	.522**	.418**	.411**	.938**	1		
^{7}TFM	-.321**	.522**	.447**	.436**	-.344**	.529**	.457**	.409**	.912**	.841**	1	
^{7}AK	-.354**	.537**	.460**	.441**	-.351**	.537**	.461**	.417**	.881**	.864**	.943**	1

**: $p<0.05$ önem düzeyindedir.
TFM: Toplam fenolik madde miktarı, AK: Antioksidan kapasite.
[1]Ekstraksiyon sonrası değerler, [7]Yedi günlük depolama sonrası değerler.

Bulgular çözücüler açısından değerlendirildiğinde; Tablo 3'te belirtildiği gibi, böğürtlen ekstraktları arasında en yüksek L^* değerleri hidroklorik asit eklenmiş su ortamında ekstrakte edilen örneklerde tespit edilmiştir. Bunu asetik asit eklenmiş su ve sadece su ile elde edilen örnekler takip etmiştir. Bunun nedeni diğer çözücüler ile elde edilen renk maddelerine göre su ile eksrakte edilenlerin daha az olması ve güçlü bir asit olan hidroklorik asidin eklenmesi ile rengin daha yüksek parlaklığa ulaşmasıdır. Bu asit ve renk ilişkisi Karaaslan ve ark. (2011)'nın üzüm suyu çalışması ile de desteklenmiştir. Metanol grubunda ise L^* değerleri büyükten küçüğe; metanol+hidroklorik asit, metanol+asetik asit ve metanol ekstraktlarında tespit edilmiştir. Örnekler içinde en düşük L^* değeri ise etanol ile ekstrakte edilen örneklere aittir.

Tablo 3'e göre ekstraktların L^* değerlerindeki değişiklikler a^* değerlerindeki farklılıklar ile örtüşmektedir. Ayrıca fenolik madde içeriğinin a^*, b^*, ΔE^* değerleri ile pozitif, L^* değeri ile negatif korelasyonu olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Buna göre renk bileşenlerinin konsantrasyonunun azalmasına bağlı olarak L^* değerlerinde artış meydana geldiği a^* değerlerindeki düşüş ile desteklenmiştir. Alkol grubunda (metanol veya etanol), asidin a^* ve b^* değerleri üzerine etkisi görülmemiştir ($p>0.05$). Ölçülen diğer renk değerlerine bakıldığında en yüksek a^*, b^* ve ΔE^* değerlerinin etanol grubunda olduğu belirlenmiştir. Bunu metanol ile ekstrakte edilen örnekler takip etmiştir. Kopjar ve ark. (2014) da alkol (metanol) ile ekstrakte edilen vişne posalarının renk yoğunluklarını sudan daha yüksek bulmuştur. Tablo 4'te etanolün a^*, b^* ve ΔE^* değerlerindeki üstünlüğü 7.gün sonuçlarında da gözlemlenmiştir.

Ekstraksiyonda asit kullanımları karşılaştırıldığında ise hidroklorik asit eklenen ortamlardan elde edilen örneklerin L^* değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni Jiang ve ark. (2004)'nın da açıkladığı gibi hidroklorik asidin polifenol oksidaz enzimini inhibe etmesine bağlı koyulaşmanın engellenmesi olabilir. Fakat renk farklılığına bakıldığında a^* ve b^* değerlerinin düşük olmasına bağlı en düşük ΔE^* değerleri, hidroklorik asit eklenen çözücülerden elde edilen örneklerde tespit edilmiştir. Depolama sonrasında da en yüksek L^* değeri ile en düşük a^* ve b^* değerlerinin hidroklorik asit ile muamele edilen örneklerde olduğu saptanmıştır (Tablo 4). Cao ve ark. (2011) da çilek pulpunun renk değerlerinde (L^* ve b^*) kontrol ve 600 MPa basınç uygulanan örnekler arasında bir farklılık saptayamamıştır. Bu durum, yüksek polifenol oksidaz kapasitesi ile açıklanmıştır.

Elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde 7 günlük depolama sonrası en fazla toplam fenolik madde kaybı (%11) su ile ekstrakte edilen örneklerde görülürken en az (%3) kayıp hidroklorik asit eklenmiş alkol ile ekstrakte edilen örneklerde belirlenmiştir. Ekstraktlara uygulanan işlemler açısından en yüksek kayıp oranı %13 ile kontrol örneklerinde gözlenirken bunu %10 ile 300 MPa ve %9 ile 600 MPa büyüklüğünde basınç uygulanan örnekler takip etmiştir. Hidroklorik asit eklenen alkol ile ekstrakte edilen örneklerde de sıralama aynı olup toplam fenolik madde miktarındaki kayıp, kontrol örneklerinde %3.6, 300 MPa basınç uygulanan örneklerde %3.2, 600 MPa işlem uygulanan örneklerde de %3 bulunmuştur. Bu sonuçlar antioksidan kapasite sonuçları ile örtüşmektedir. Antioksidan kapasitede en fazla (%9) düşüş su ile ekstrakte edilen örneklerde gözlemlenirken en az (%3) kayıp hidroklorik asit

eklenmiş alkol ile ekstrakte edilen örneklerde saptanmıştır. Ekstraktlara uygulanan işlemler açısından antioksidan kapasitede azalma en fazla kontrol örneklerinde ölçülmüş bunu sırayla 300 MPa ve 600 MPa basınç uygulanan örnekler takip etmiştir. Benzer sonuçlara Kopjar ve ark. (2014) çalışmasında da vişne için ulaşılmış, depolama sonrasında en az (%5) fenolik madde kaybı alkol ve hidroklorik asit karışımı ile elde edilmiştir. Depolama süresince fenolik madde ve antioksidan kapasitedeki bu değişim pH, sıcaklık farklılıkları ve oksijen varlığından kaynaklanabilir (Chirinos ve ark., 2007). Fakat bu çalışmada depolama süresince örneklerin pH ve sıcaklık değerleri kontrol edildiği için değişimin en büyük nedeni uygulanan işlemler ve depolama sırasında örneklerin oksijen ile teması olabilir. Oksijenin başlattığı oksidasyon, bir zincir reaksiyon olduğu için fenolik maddelerin az olduğu ortamda daha hızlı gerçekleşerek daha fazla düşüşe neden olabilir. Bu sayede su ile ekstrakte edilen ve kontrol örneklerinde alkol ortamında ekstrakte edilen ve basınç uygulanmış örneklere göre daha hızlı oksidasyona bağlı fenolik madde miktarında ve buna bağlı antioksidan kapasitede düşüş gözlemlenmiş olabilir.

Sonuç

Bu çalışmada hidrostatik basıncın, polar çözücüler ve bunların asitlendirilmiş formlarının böğürtlen meyvesinin fenolik madde miktarı, antioksidan kapasite ve renk değerlerinde meydana getirdiği değişim, ekstraksiyon ve depolama sonrasında belirlenmiştir. Böylece uygulanan işlemlerin ürünün fonksiyonel özelliklerinde ve zamana bağlı renk stabilitesinde meydana getirdiği farklılaşma karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Çözücüler açısından en iyi çözücünün alkol grubu olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerde hidroklorik asidin asetik asitten daha fazla fenolik madde ekstrakte ettiği ve antioksidan kapasiteyi artırdığı tespit edilmiştir. Basıncın fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasiteyi anlamlı düzeyde yükselttiği belirlenmiştir. Fakat asit eklenen ortamlarda daha yüksek basınçların etkisinin daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre böğürtlenin fonksiyonel özelliklerini en çok artıran ekstraksiyon koşullarının 600 MPa basınç ve hidroklorik asit eklenmiş etanol ortamı olduğu söylenebilir. Fenolik madde miktarı yüksek örneklerde ise L^* değerlerinin daha düşük a^* ve b^* değerlerinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca fenolik madde içerikleri ile antioksidan kapasiteler arasında yüksek korelasyona rastlanmıştır. Bu ilişki depolama aşamasında da korunmuştur. Gelecek çalışmalarda ısıl ve ısıl olmayan ön işlemler beraber kullanılarak süre, sıcaklık, çözücü tipi ve çözücü miktarı gibi ekstraksiyon parametrelerinin optimize edilmesi faydalı olabilir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektir-memektedir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Akhbari, M., Hamedi, S., Aghamiri, Z. (2019). Optimization of total phenol and anthocyanin extraction from the peels of eggplant (*Solanum melongena* L.) and biological activity of the extracts. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3183-3197. https://doi.org/10.1007/s11694-019-00241-1

Albert, C., Codină, G.G., Héjja, M., András, C.D., Chetrariu, A., Dabija, A. (2022). Study of antioxidant activity of garden blackberries (*Rubus fruticosus* L.) extracts obtained with different extraction solvents. *Applied Sciences*, 12(8), 4004. https://doi.org/10.3390/app12084004

Amakura, Y., Umino, Y., Tsuji, S., Tonogai, Y. (2000). Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 6292-6297. https://doi.org/10.1021/jf000849z

Anantharaju, P.G., Gowda, P.C., Vimalambike, M.G. ve Madhunapantula, S.V. (2016). An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutrition Journal*, 15(1), 99. https://doi.org/10.1186/s12937-016-0217-2

AOAC, (2004). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis (AOAC, Arlington, VA).

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. ve Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5

Buslig, B.S. (1992). Measurement of orange juice color with a 0/45 portable colorimeter. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 153-155.

Cao, X., Zhang, Y., Zhang, F., Wang, Y., Yi, J., Liao, X. (2011). Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 877-885. https://doi.org/10.1002/jsfa.4260

Casazza, A. A., Aliakbarian, B., Sannita, E., Perego, P. (2012). High-pressure high-temperature extraction of phenolic compounds from grape skins. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(2), 399-405. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02853.x

Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology*, 55(2), 217-225. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.12.005

Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(1), 85-91. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.06.002

Gómez-Maqueo, A., Welti-Chanes, J., Cano, M.P. (2020). Release mechanisms of bioactive compounds in fruits submitted to high hydrostatic pressure: A dynamic microstructural analysis based on prickly pear cells. *Food Research International*, 130, 108909. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108909

Guo, X., Han, D., Xi, H., Rao, L., Liao, X., Hu, X., Wu, J. (2012). Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A comparison. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 441-448. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.12.026

Haminiuk, C.W.I., Maciel, G.M., Plata-Oviedo, M.S.V., Peralta, R.M. (2012). Phenolic compounds in fruits – an overview. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(10), 2023-2044. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x

Huang, H.-W., Cheng, M.-C., Chen, B.-Y. ve Wang, C.-Y. (2019). Effects of high pressure extraction on the extraction yield, phenolic compounds, antioxidant and anti-tyrosinase activity of *Djulis hull*. *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4016-4024. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03870-y

Huang, W.-Y., Cai, Y.-Z. ve Zhang, Y. (2009). Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 62(1), 1-20. https://doi.org/10.1080/01635580903191585

Jiang, F., Dusting, G. J. (2003). Natural phenolic compounds as cardiovascular therapeutics: potential role of their antiinflammatory effects. *Current Vascular Pharmacology*, 1(2), 135-156. https://doi.org/10.2174/1570161033476736

Jiang, Y., Li, Y., Li, J. (2004). Browning control, shelf life extension and quality maintenance of frozen litchi fruit by hydrochloric acid. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 147-151. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00293-0

Karaaslan, M., Ozden, M., Vardin, H., Turkoglu, H. (2011). Phenolic fortification of yogurt using grape and callus extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 1065-1072. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.009

Kopjar, M., Orsolic, M., Pilizota, V. (2014). Anthocyanins, phenols, and antioxidant activity of sour cherry puree extracts and their stability during storage. *International Journal of Food Properties*, 17(6), 1393-1405. https://doi.org/10.1080/10942912.2012.714027

Lorzadeh, E., Heidary, Z., Mohammadi, M., Nadjarzadeh, A., Ramezani-Jolfaie, N., Salehi-Abargouei, A. (2022). Does pomegranate consumption improve oxidative stress? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Clinical Nutrition ESPEN*, 47, 117-127. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2021.11.017

Mello, B.C.B.S., Petrus, J.C.C., Hubinger, M.D. (2010). Concentration of flavonoids and phenolic compounds in aqueous and ethanolic propolis extracts through nanofiltration. *Journal of Food Engineering*, 96(4), 533-539. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.040

Navarro-Baez, J.E., Martínez, L.M., Welti-Chanes, J., Buitimea-Cantúa, G.V., Escobedo-Avellaneda, Z. (2022). High hydrostatic pressure to increase the biosynthesis and extraction of phenolic compounds in food: A review. *Molecules*, 27(5), 1502. https://doi.org/10.3390/molecules27051502

Oancea, S., Grosu, C., Ketney, O., Stoia, M. (2013). Conventional and ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from blackberry and sweet cherry cultivars. *Acta Chimica Slovenica*, 60(2), 383-389.

Osorio-Tobón, J.F. (2020). Recent advances and comparisons of conventional and alternative extraction techniques of phenolic compounds. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4299-4315. https://doi.org/10.1007/s13197-020-04433-2

Oszmiański, J., Nowicka, P., Teleszko, M., Wojdyło, A., Cebulak, T., Oklejewicz, K. (2015). Analysis of phenolic compounds and antioxidant activity in wild blackberry fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(7), 14540-14553. https://doi.org/10.3390/ijms160714540

Pinela, J., Prieto, M.A., Barros, L., Carvalho, A.M., Oliveira, M.B.P.P., Saraiva, J.A., Ferreira, I.C.F.R. (2018). Cold extraction of phenolic compounds from watercress by high hydrostatic pressure: Process modelling and optimization. *Separation and Purification Technology*, 192, 501-512. https://doi.org/10.1016/j.seppur.2017.10.007

Revilla, E., Ryan, J.-M., Martín-Ortega, G. (1998). Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4592-4597. https://doi.org/10.1021/jf9804692

Robinson, J.A., Bierwirth, J.E., Greenspan, P. Pegg, R.B. (2020). Blackberry polyphenols: review of composition, quantity, and health impacts from in vitro and in vivo studies. *Journal of Food Bioactives*, 9, 40-51. https://doi.org/10.31665/JFB.2020.9217

Rodriguez-Mateos, A., Heiss, C., Borges, G., Crozier, A. (2014). Berry (poly)phenols and cardiovascular health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(18), 3842-3851. https://doi.org/10.1021/jf403757g

Slinkard, K., Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49. https://doi.org/10.5344/ajev.1974.28.1.49

Soto, M., Acosta, O., Vaillant, F., Pérez, A. (2016). Effects of mechanical and enzymatic pretreatments on extraction of polyphenols from blackberry fruits. *Journal of Food Process Engineering*, 39(5), 492-500. https://doi.org/10.1111/jfpe.12240

Wahle, K.W.J., Brown, I., Rotondo, D., Heys, S.D. (2010). Plant Phenolics in the Prevention and Treatment of Cancer. Giardi, M. T., Rea, G., ve Berra, B. (eds) *Bio-Farms for Nutraceuticals: Functional Food and Safety Control by Biosensors*. Boston, MA (Advances in Experimental Medicine and Biology), 36-51. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7347-4_4

Wrolstad, R., Skrede, G., Lea, P., Enersen, G. (2001). Extraction, isolation, and purification of anthocyanins. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0101s00

Xi, J. (2006). Effect of high pressure processing on the extraction of lycopene in tomato paste waste. *Chemical Engineering & Technology*, 29(6), 736-739. https://doi.org/10.1002/ceat.200600024

Xi, J., Shen, D., Zhao, S., Lu, B., Li, Y., Zhang, R. (2009). Characterization of polyphenols from green tea leaves using a high hydrostatic pressure extraction. *International Journal of Pharmaceutics*, 382(1), 139-143. https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2009.08.023